

УДК 621.757

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА

© 2013 О.С. Самсонов, Д.С. Воронцов, А.Н. Петрина, М.Е. Саутенков

МАТИ – Российский Государственный технологический университет
имени К.Э. Циолковского, г. Москва

Поступила в редакцию 10.06.2013

Излагается методика оценки технологичности конструкции изделий АТ и оптимизации конструктивно-технологических и организационных решений на основе комплексного моделирования производственных процессов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизация, производственные процессы, электронные модели, цикловые графики, информационная поддержка, ресурсы, трудоемкость, себестоимость.

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условия выполнения работ представляет собой технологичность конструкции изделия (ТКИ) [1]. В руководстве по технологичности самолетных конструкций [2], а также в ряде других источников [3, 4] определяется, что ТКИ должна закладываться в ходе технологического проектирования, обеспечивающего органическую связь конструкции с технологией и организацией производства. Технологичность – важнейшая характеристика совершенства изделия, в значительной мере определяющая уровень его технико-экономических показателей. Повышение ТКИ позволяет существенно снизить материально-трудовые затраты при производстве, эксплуатации и ремонте изделия и поэтому является одной из важнейших задач, решаемых в процессе его создания [4].

Различают качественную и количественную оценку ТКИ. Качественная оценка заключается в выработке решений «технологично» - «нетехнологично», количественная – в расчете показателей технологичности и их сравнении с базовыми показателями. Состав показателей технологичности, формулы и нормативно-справочные данные для их расчета, полученные по результатам обработки статистических материалов 70-80-х годов, в настоящее время нуждается в доработке и уточнении.

Самсонов Олег Семенович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии проектирования и эксплуатации летательных аппаратов».

E-mail: temp@astpp.ru

Воронцов Дмитрий Станиславович, инженер-программист. Петрина Антон Николаевич, ассистент, заведующий лабораторией, аспирант. E-mail: temp@astpp.ru

Саутенков Михаил Евгеньевич, инженер-программист, аспирант.

Переход на цифровые технологии проектирования и производства повышает эффективность качественной оценки ТКИ. Представление технологического процесса в виде виртуальной модели, описывающей взаимодействие электронных моделей изделий и элементов производственной системы, позволяет отрабатывать конструкцию изделия на соответствие ряду требований: для сборочно-монтажных единиц – технологическую завершенность, собираемость, возможность доступа оборудования и исполнителя в зону выполнения работ и т.д.

Имитационное моделирование с использованием электронных моделей позволяет оптимизировать производственные процессы с учетом загрузки оборудования, использования трудовых ресурсов и других показателей эффективности производства [4].

Современный подход к организации конструкторско-технологического проектирования в условиях электронного определения изделия заключается в необходимости параллельной разработки конструкции, технологии и производственной системы (рис.1).

При этом должны обеспечиваться [6]:

- организация процесса технологического проектирования на различных стадиях проекта (технического предложения, эскизного проектирования, рабочего проектирования);

- повышение точности оценки достоверности и объективности выбора КТР по мере накопления и уточнения информации на каждом последующем этапе проектирования;

- использование электронной конструкторской модели изделия в качестве исходных данных для проектирования технологических процессов и средств технологического оснащения;

- формирование технологических электронных моделей изделий и их использование для

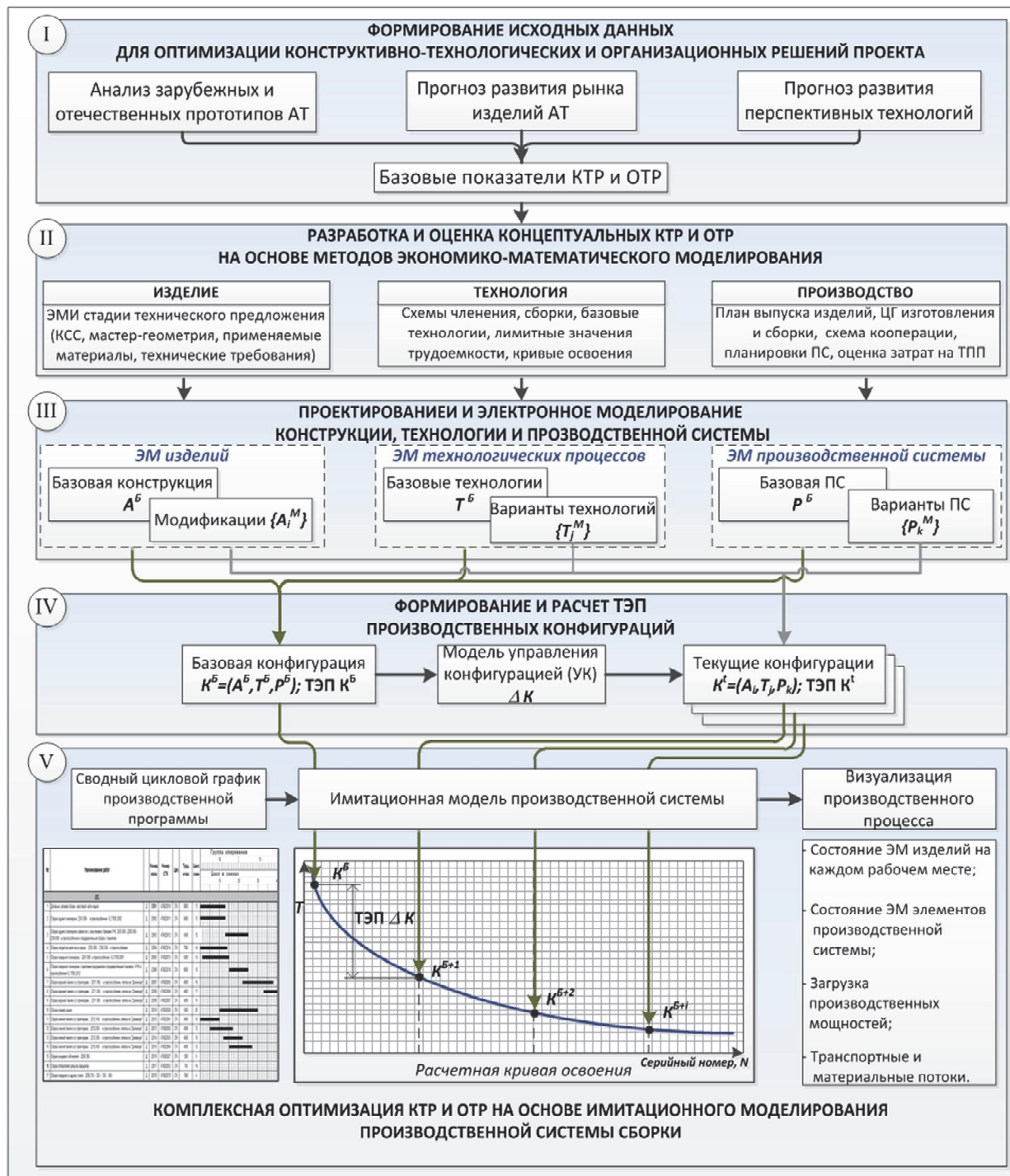


Рис. 1. Схема формирования и оптимизации конструктивно-технологических и организационно-технических решений производства изделий АТ

моделирования и визуализации технологических процессов;

- поддержка методологии многоуровневого вариантного проектирования с учетом конфигурации изделия, технологической системы и схем организации производства.

В соответствии со схемой (рис.1) выбор оптимальных конструктивно-технологических решений осуществляется на основе расчета и анализа

показателей технологичности на разных этапах реализации проекта:

- при разработке концептуальных КТР и ОТР (этап II) оценка показателей технологичности (себестоимости и трудоемкости изготовления изделий, трудоемкости и себестоимости технологической оснастки, производственных циклов) осуществляется по экономико-математическим моделям, разработанным отраслевым институтом (НИАТ);

- при проектировании и электронном моделировании конструкции, технологии и производственной системы (этап III) - на основе нормирования затрат на компоненты КТР;

- при построении «кривых освоения» (снижение трудоемкости и себестоимости изделия в зависимости от серийного номера машины) (этап IV) - на основе расчета ТЭП производственных конфигураций;

- при интегральной отработке процессов производства (этап V) - на основе методов имитационного моделирования

В рыночных условиях при реализации концепции проектирования под заданную стоимость в качестве основного показателя технологичности принимается технологическая себестоимость изделия (C_{TC}). Другие показатели технологичности (например, для сборочных единиц: коэффициенты панелирования, прессовой клепки, автоматизированной постановки болтов и т.д.) должны рассматриваться как дополнительные, указывающие на резервы снижения технологической себестоимости.

Несмотря на то, что оценка затрат, входящих в технологическую себестоимость, в различных работах несколько отличается, можно принять, что ее основными составляющими являются:

C_M – расходы на материалы;

C_3 – расходы на заработную плату основных производственных рабочих;

C_{CTO} – затраты на проектирование, изготовление и монтаж средств технологического оснащения (оборудование, приспособления, инструмент, средства автоматизации);

$C_{ЭПС}$ – расходы на эксплуатацию производственной системы.

Проектирование и количественная оценка составляющих себестоимости осуществляется различными группами специалистов (конструкторов, технологов, плановиков) с использованием локальных автоматизированных систем. Поскольку для оценки составляющих себестоимости необходима информация, содержащаяся в различных разделах баз данных проекта, то расчет C_{TC} должен осуществляться в интегрированной программно-информационной среде конструкторско-технологического проектирования и планирования производства по двухуровневой схеме (рис. 2):

I – формирование и оценка электронных моделей проектных решений (изделия, технологических процессов, производственной системы) в локальных автоматизированных системах;

II – интегральная оценка технологической себестоимости на основе анализа комплекса

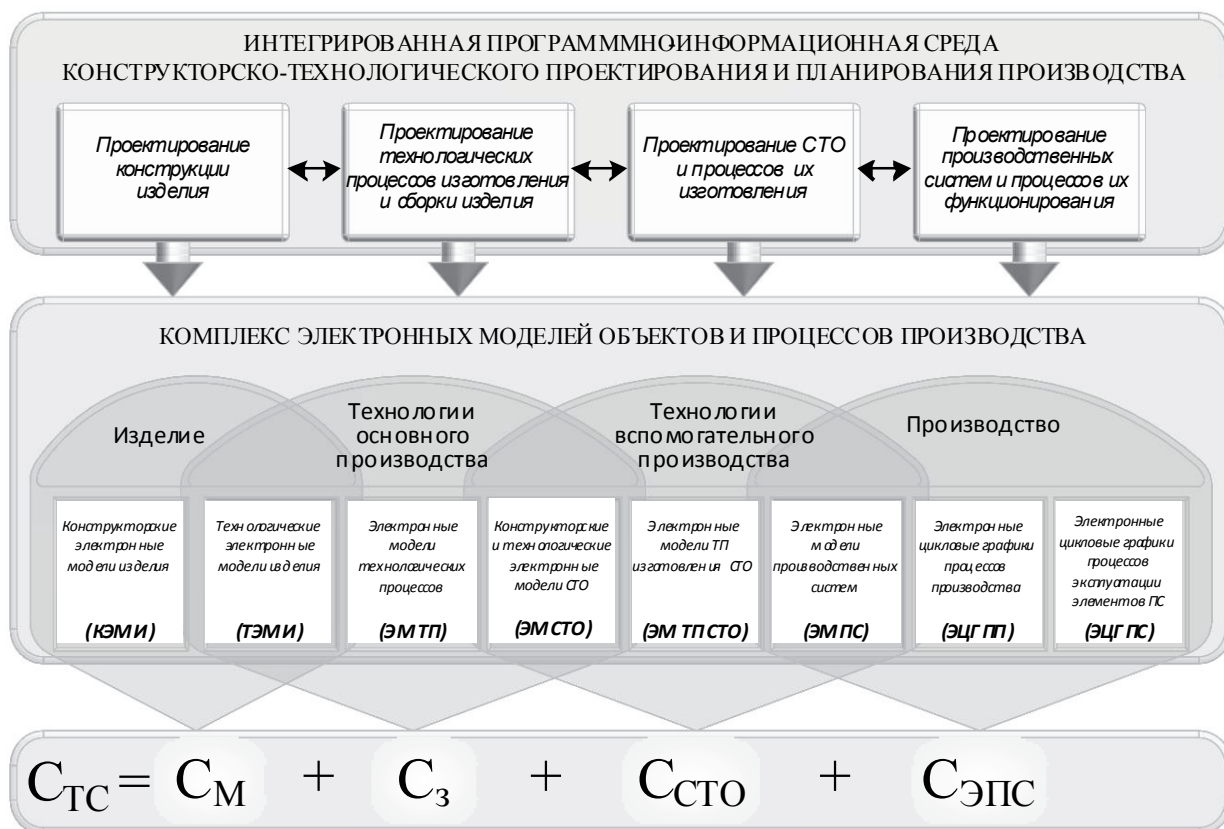


Рис. 2. Структура комплекса электронных моделей для расчета технологической себестоимости изделий АТ

электронных моделей объектов и процессов производства.

Для реализации процедур автоматизированного расчета показателей технологичности, включая технологическую себестоимость, необходимо:

- сформировать соответствующий атрибутивный состав электронных моделей компонентов конструктивно-технологических и организационных решений (моделей изделий, технологических процессов, элементов производственных систем и электронных цикловых графиков) и настроить модель данных PDM-системы, а также систем конструкторско-технологического проектирования и планирования;
- разработать и программно реализовать запросно-ответную систему, позволяющую обрабатывать информационные массивы модели данных в соответствии с алгоритмами расчета показателей технологичности;
- актуализировать базу данных нормативно-справочной информации для проведения расчетов показателей технологичности изделий.

При оценке затрат на материалы C_M массу материала, необходимого для изготовления изделия, можно представить в виде суммы двух составляющих: $m_{\text{и}} + m_{\text{о}}$, где $m_{\text{и}}$ – масса компонента изделия, а $m_{\text{о}}$ – масса отходов. Тогда:

$$C_M = m_{\text{и}} \cdot C_M + m_{\text{о}} \cdot (C_M - C_O), \quad (1)$$

где C_M и C_O – соответственно цены на исходные материалы и отходы.

Конструкторские электронные модели изделия (КЭМ И) содержат информацию о применяемых материалах в финальном состоянии; технологические электронные модели сборочных единиц, деталей и заготовок (ТЭМ И) – в исходном (полуфабрикаты и заготовки) и промежуточных состояниях изделия. Процедура расчета C_M заключается в автоматизированной обработке конструкторского и технологического дерева изделий с учетом данных о стоимости материалов, хранящихся в электронных справочниках.

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих C_3 рассчитываются по каждому технологическому процессу на основании штучно-калькуляционного времени ($T_{\text{шк}}$) с учетом тарифных ставок и коэффициентов, учитывающих отчисления в социальный фонд, метод организации работ (бригадный или многостаночное обслуживание) и коэффициент переработки норм. Данные процедуры реализованы базовым функционалом системы ТеМП.

Для расчета затрат на проектирование, изготовление и монтаж средств технологического оснащения $C_{\text{СТО}}$ необходимо в специализированных системах выполнить проектирование СТО

и сформировать их конструкторские и технологические макеты, а также спроектировать технологические процессы изготовления и монтажа СТО. Этот комплекс работ является длительным и трудоемким и в полном объеме реализуется при технологической подготовке производства на заводах-изготовителях. На этапах эскизного и рабочего проектирования при разработке директивных технологических процессов делается укрупненная оценка затрат на СТО с использованием экономико-математических моделей. При этом осуществляется:

- предварительная оценка затрат на проектирование и изготовление СТО с разбивкой по агрегатам планера и видам работ;
- уточненная оценка трудоемкости изготовления СТО по формулам, учитывающим конструктивные особенности агрегата, тип и назначение оснастки, геометрические характеристики, количество конструктивных элементов.

Для снижения трудоемкости расчетов разрабатываются технологические классификаторы элементов конструкции и выделяются типовые представители технологических групп, для которых осуществляется проектирование и нормирование технологических процессов, разработка и оценка затрат на изготовление СТО, а далее расчеты ТЭП переносятся на каждый представитель, входящий в технологическую группу, с учетом поправочных коэффициентов. Доля амортизационных расходов на СТО, входящих в себестоимость изделия, должна определяться с учетом программы выпуска (N_0) [3].

При расчете затрат на эксплуатацию элементов производственной системы $C_{\text{эпс}}$ учитываются затраты ресурсов на реализацию производственных процессов, а также на проведение планово-предупредительных ремонтов оборудования и средств автоматизации.

В рамках проекта развития интегрированной автоматизированной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов гражданской и транспортной авиации, реализуемого на ЗАО «Авиастар-СП» с участием специалистов УлГУ и МАТИ была разработана и апробирована методика укрупнённого расчёта трудоёмкости изготовления средств технологического оснащения (СТО) на ранних стадиях проекта. Для автоматизации процедур расчета трудоемкости изготовления СТО было разработано соответствующее информационное обеспечение системы ТеМП (базовые и комплексные технологические модули), позволившее отработать методику на ряде агрегатов транспортного самолета (рис. 3).

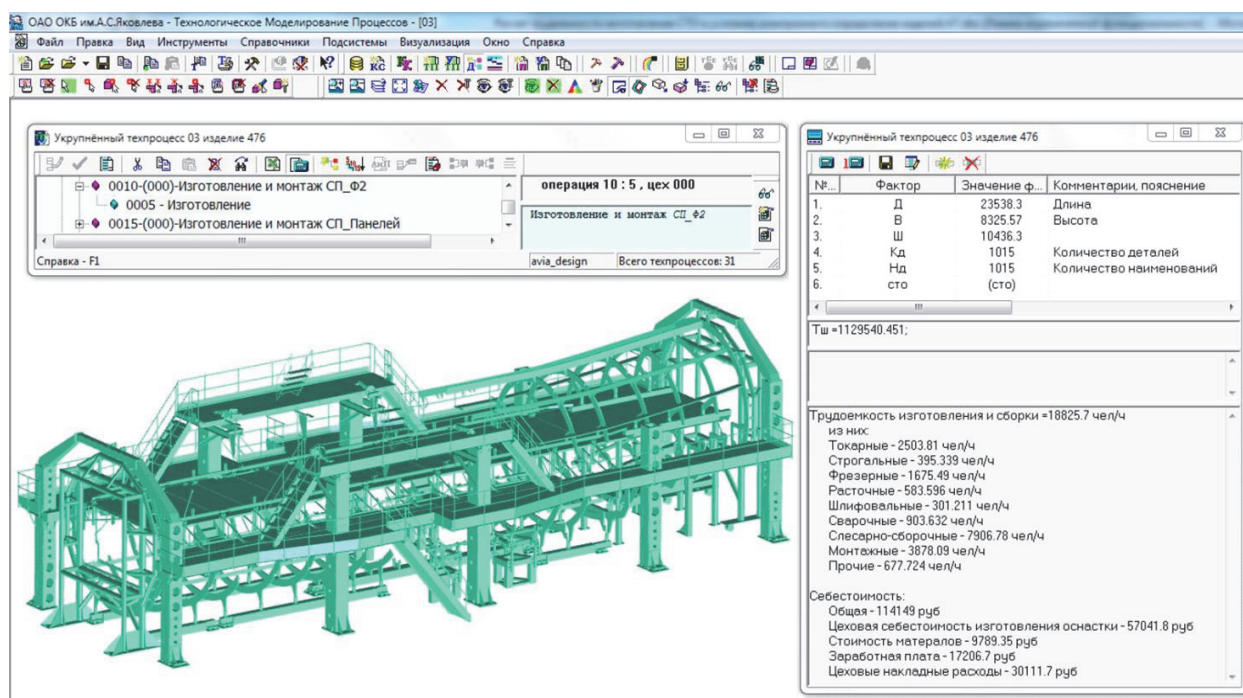


Рис. 3. Результаты укрупненной оценки трудоемкости изготовления и монтажа стапеля сборки отсека фюзеляжа

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного контракта № 12.527.11.0010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологичность конструкции изделия: Справочник [под общ. ред. Ю.Д. Амирова]. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 768 с.
2. Руководство по технологичности самолетных конструкций [под общ. ред. П.Н. Белянина]. М.: НИАТ, 1983. 720 с.
3. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. М., Машиностроение. 1976, 250 с.
4. Кривов Г.А. Эффективно организованная электронная технологическая среда – основа компьютерного проекта самолета // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Киев: «Техніка», 2001, с. 327-398.
5. Имитационное моделирование производственных процессов сборки в мультисистемной программно-информационной среде / О.С. Самсонов, М.Е. Саутенков, М.О. Шенаев // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т.14. №4 (2). С.348.
6. Самсонов О.С. Оптимизация сборки изделий авиационной техники на основе моделирования процессов производства. Технология машиностроения. 2012. №8. С.24.

PROVISION OF AIRCRAFT MANUFACTURABILITY BASED ON COMPREHENSIVE SIMULATION OF MANUFACTURING PROCESSES

© 2013 O.S. Samsonov, D.S. Vorontsov, A.N. Petrina, M.E. Sautenkov

“MATI” – Russian State University of Aviation Technology, Moscow

Authors present method of evaluation of aircraft manufacturability and optimization of constructional, technological and organizational decisions, based on comprehensive modeling of manufacturing processes.
Keywords: simulation, optimization, assembly processes, electronic models, cyclograms, information support, resources, labor cost, cost.

Oleg Samsonov, Candidate of Technics, Associate Professor, Head at the Technologies of Aircraft Design and Maintenance Department. E-mail: temp@astpp.ru

Dmitry Vorontsov, Programming Engineer at the Technologies of Aircraft Design and Maintenance Department.

Anton Petrina, Assistant Lecturer, Head of the Laboratory, Graduate Student at the Technologies of Aircraft Design and Maintenance Department.

Michael Sautenkov, Programming Engineer, Graduate Student at the Technologies of Aircraft Design and Maintenance Department.